

# Stegräknare

Projekt: Pedometer med AVR

Kurs

Programmering av inbyggda system

2017-04-19



**Dennis Bunne**

[LinkedIn](#)

**Johan Kämpe**

[LinkedIn](#)

**Simon Karlsson**

[LinkedIn](#)

Mjukvaruutvecklare Inbyggda System

[MÖLK Utbildning AB](#)

## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	4
1.1	Syfte .....	4
1.2	Noteringar och information .....	4
1.3	Bakgrund .....	5
1.3.1	Definitioner av begrepp och förkortningar .....	5
1.3.2	Stegräknare .....	6
1.3.3	I <sup>2</sup> C .....	6
1.3.4	Pull up-resistorer .....	7
1.3.5	MPU-9250 .....	7
1.3.6	X-Y-Z-riktning .....	7
1.4	Länkar .....	8
1.4.1	GitHub .....	8
1.4.2	Använda funktionsbibliotek .....	8
1.4.3	Datablad .....	8
1.4.4	Andra länkar .....	9
2	Genomförande och resultat .....	10
2.1	Använd programvara .....	10
2.2	Använd hårdvara .....	10
2.3	Metod .....	11
2.3.1	Skrivning av källkod, kompilering och uppladdning till mikrokontroller .....	11
2.3.2	Studie av datablad .....	11
2.3.3	Studie av funktionsbibliotek .....	12
2.4	Prototyp 1 .....	13
2.5	Prototyp 2 .....	14
2.6	Slutgiltig produkt .....	16
2.7	Stegräknarens funktion .....	17
2.8	Projektets kod .....	18
2.8.1	Egeninkluderade standardbibliotek .....	18
2.8.2	Inkluderade icke-standardbibliotek .....	18
2.8.3	Macron definierade i main.c .....	19
2.8.4	Macron från andra bibliotek .....	20
2.8.5	Variabler .....	20
2.8.6	Funktioner .....	20
2.8.7	Main-funktionen .....	21
3	Diskussion och slutsats .....	23
4	Bilagor .....	25
4.1	Kopplingsschema för prototyp 1 .....	25
4.2	Kopplingsschema för prototyp 2 .....	26

## Figurförteckning

Figur 1 I <sup>2</sup> C-anslutning på Atmega328 .....	6
Figur 2 MPU-9250, framsida.....	7
Figur 3 MPU-9250, baksida med anslutningsbeteckningar.....	7
Figur 4 Riktningar i X- Y och Z-led.....	7
Figur 5 Inkoppling av programmeraren till mikrokontrollern .....	11
Figur 6 Gå till en implementation av ett makro, variabel eller funktion.....	12
Figur 7 Uppkoppling av MPU-9250 till Arduino UNO.....	13
Figur 8 Utskrift av stegräkning till Serial Monitor .....	13
Figur 9 Lödda och urkopplade modulära komponenter .....	14
Figur 10 Prototyp 2 med hölje, framsida med display .....	15
Figur 11 Prototyp 2 med hölje, baksida med batteri .....	15
Figur 12 Placering av fastlödda komponenter på kopplingsplatta.....	15
Figur 13 Komponenter lödda på kopplingsplatta, baksida.....	15
Figur 14 Komponenter inplacerade i box .....	16
Figur 15 Komplet produkt .....	16
Figur 16 Kodprojektets egenskaper – Defined symbols.....	19
Figur 17 Rendering av CAD-modell för MCU och sockel .....	23
Figur 18 Batteri av typen CR2032.....	23

# 1 Inledning

## 1.1 Syfte

Syftet med projektet är att tillverka en bärbar, batteridrivnen stegräknare. Stegräknaren ska ha modulära enheter, det vill säga att dessa går att ta bort eller byta ut. En modulär enhet kan vara en display, blåtandsmodul eller accelerometer.

En display används för att visa antal tagna steg. Stegen ska avläsas med hjälp av en accelerometer, eller alternativt med en vibrationssensor.

## 1.2 Noteringar och information

Projektet utfördes på under perioden mars till april, 2017.

I rapporten hänvisas själva stegräknaren ofta till som *projektet* eller *produkten*.

I rapporten hänvisas MPU-9250-enheten, som används för att mäta acceleration, ofta som *MPU-enheten*, eller *MPU-n*.

## 1.3 Bakgrund

### 1.3.1 Definitioner av begrepp och förkortningar

Term	Förklaring
<b>Acceleration</b>	Förändring av hastighet per tidsenhet. Kan vara positiv (hastighetsökning) eller negativ (minskad hastighet).
<b>Arduino UNO</b>	Utvecklingskort.
<b>Atmega328p</b>	En mikrokontroller (MCU) med 28 anslutningar, från tillverkaren Atmel
<b>AVR</b>	Familj av Mikrokontrollers som tillverkas av företaget Atmel.
<b>Bibliotek</b>	En samling av kod-funktioner och/eller definitioner.
<b>Breadboard</b>	Kopplingsplatta, används för att ansluta enheter till varandra.
<b>C</b>	Det programmeringsspråk som används i projektet.
<b>DIL</b>	Dual in-line. Standard för mikrochip med två rader av ben.
<b>Git</b>	Ett versionshanteringssystem
<b>GitHub</b>	Molnlagring för Git-projekt
<b>I<sup>2</sup>C</b>	Ett sätt att koppla samman enheter, via två ledare: SCL och SDA.
<b>IDE</b>	<i>Integrated Development Environment</i> . Ett datorprogram eller en programsvit som vanligtvis innehåller en texteditor, kompilator och debugger. För att underlätta vid programmering.
<b>Interrupt</b>	En del i en mikroprocessors funktionalitet. Ett sätt att få processorn att avbryta sitt nuvarande arbete och övergå till en annan uppgift.
<b>ISP</b>	<i>In-system programming</i> , programmering av redan installerade eller inbyggda system.
<b>LED</b>	<i>Light Emitting Diode</i> , lysdiod.
<b>Lib</b>	Se <i>Bibliotek</i> .
<b>Library</b>	Se <i>Bibliotek</i> .
<b>MCU</b>	Microcontroller Unit, se <i>Mikrokontroller</i> .
<b>Mikrokontroller</b>	En liten enchippsdator med CPU, arbetsminne och programminne.
<b>Mikroprocessor</b>	Processor i ett chip
<b>MPU</b>	Microprocessor Unit, Se <i>mikroprocessor</i>
<b>MPU-6050</b>	Mikroprocessor med sensor för gyro och acceleration i tre riktningar vardera.
<b>MPU-9250</b>	Mikroprocessor med sensor för gyro, acceleration och kompass i tre riktningar vardera.
<b>Pull up-reistor</b>	Används i logiska kretsar för att se till att en ingång håller sig hög när den inte har någon anslutning.
<b>Reistans</b>	Värdet på ett motstånd / resistor. Anges i Ohm ( $\Omega$ ).
<b>Resistor</b>	Motstånd i elektriska kretsar.
<b>SCL</b>	Se <i>I<sup>2</sup>C</i> .
<b>SDA</b>	Se <i>I<sup>2</sup>C</i> .
<b>Serial Monitor</b>	Funktion i Arduinos IDE, för att kommunicera med inkopplad Arduino-enhet. Används ofta för debugging.
<b>Standardbibliotek</b>	Kodbibliotek som alltid är tillgängliga för ett specifikt programspråk. Exempelvis <i>stdio.h</i> för programspråket C.
<b>Stegräknare</b>	En enhet som mäter hur många steg en människa tar
<b>TWI</b>	Se <i>I<sup>2</sup>C</i> .
<b>Utvecklingsmiljö</b>	Se <i>IDE</i> .

### 1.3.2 Stegräknare

En stegräknare är en vanligtvis portabel enhet. Som mäter hur många steg en människa tar. Den kan användas vid exempelvis löpning, promenad, eller för att se hur många steg en person tar under en dag.

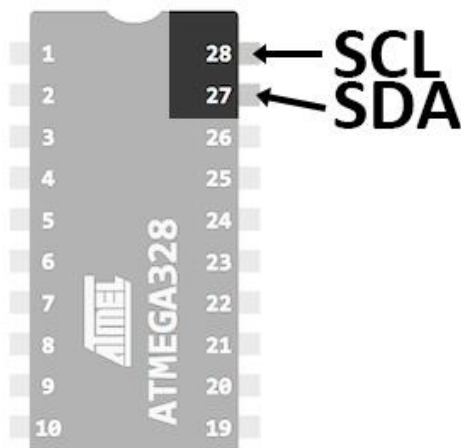
Stegräknare kan också kallas pedometer.

### 1.3.3 I<sup>2</sup>C

I<sup>2</sup>C, *Inter-Integrated Circuit*, är ett sätt att koppla enheter till moderkort, inbyggda system, mobiltelefoner eller andra enheter.

Kommunikation sker via två ledare, SDA (*Serial Data Line*, datasignal) och SCL (*Serial Clock*, klocksignal). Flera I<sup>2</sup>C-enheter kan anslutas till samma SDA- och SCL-ledare.

På en mikrokontroller av typen Atmega328p, är anslutningar 27 och 28, SDA och SCL, respektive.



Figur 1 I<sup>2</sup>C-anslutning på Atmega328

I<sup>2</sup>C kallas även TWI, *Two Wire Interface*, eller IIC.

### 1.3.4 Pull up-resistorer

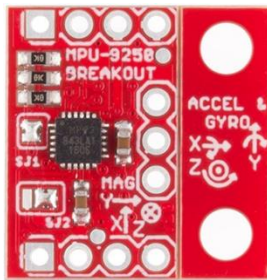
Pull up-resistorer används i logiska kretsar för att se till att en ingång håller sig hög när den inte har någon anslutning.

Utan pull up kan ingången anta vilket läge som helst, hög eller låg. I projektet används pull up-resistorer för I<sup>2</sup>C-anslutningarna.

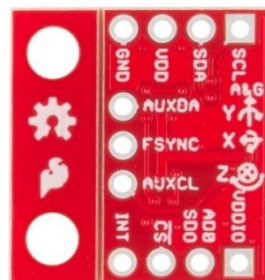
Resistorer som används ska vara av hög resistans.

### 1.3.5 MPU-9250

Enheten som används i projektet för att mäta acceleration kallas *MPU-9250 IMU Breakout* och är tillverkad av Sparkfun. På enheten finns en MPU-9250.



Figur 2 MPU-9250, framsida



Figur 3 MPU-9250, baksida med anslutningsbeteckningar

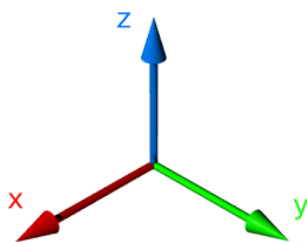
De anslutningar som används i projektet är VDD och GND för drivning, samt SDA och SCL för I<sup>2</sup>C-kommunikation.

Länk till tillverkarens produktsida finns i kapitel 0

### 1.3.6 X-Y-Z-riktning

X, Y och Z används inom projektet för att beskriva riktningar i en tredimensionell miljö. MPU-9250-enheten har sensorer för acceleration i dessa tre riktningar.

När enheten förs åt ett visst håll mäts rörelsens acceleration i denna riktning.



Figur 4 Riktningar i X- Y och Z-led

## 1.4 Länkar

### 1.4.1 GitHub

Länkar till projektets GitHub-sida

#### **GitHub-sida för projektet**

<https://github.com/GoblinDynamiteer/stepCounter>

#### **GitHub-sida, huvudkod**

[https://github.com/GoblinDynamiteer/stepCounter/blob/master/Kod/Huvudkod/stepCounter/mpu\\_connntest/main.c](https://github.com/GoblinDynamiteer/stepCounter/blob/master/Kod/Huvudkod/stepCounter/mpu_connntest/main.c)

#### **GitHub-sida, kod för prototyp 1**

<https://github.com/GoblinDynamiteer/stepCounter/blob/master/Kod/Testkod/Arduino/stepCounterPrototype/stepCounterPrototype.ino>

### 1.4.2 Använda funktionsbibliotek

Länkar till bibliotek som har använts i projektets kod

#### **MPU 6050 library**

<http://davidegironi.blogspot.se/2013/02/avr-atmega-mpu6050-gyroscope-and.html#.WOtTeojyhPY>

#### **U8glib**

<https://github.com/olikraus/u8glib>

#### **I2C master library**

<http://homepage.hispeed.ch/peterfleury/avr-software.html#libs>

### 1.4.3 Datablad

#### **Atmega328p**

[https://github.com/GoblinDynamiteer/stepCounter/blob/master/Dokumentation/Komponenter/Atmega%20328p/ATmega328P\\_datasheet\\_Complete.pdf](https://github.com/GoblinDynamiteer/stepCounter/blob/master/Dokumentation/Komponenter/Atmega%20328p/ATmega328P_datasheet_Complete.pdf)

#### **MPU-9250**

<https://github.com/GoblinDynamiteer/stepCounter/blob/master/Dokumentation/Komponenter/MPU%209250/MPU-9250-Datasheet.pdf>

#### **SSD1306 Display**

[https://github.com/GoblinDynamiteer/stepCounter/blob/master/Dokumentation/Komponenter/Micro%20OLED%20Breakout%20Display%20SSD1306/SSD1306\\_datasheet.pdf](https://github.com/GoblinDynamiteer/stepCounter/blob/master/Dokumentation/Komponenter/Micro%20OLED%20Breakout%20Display%20SSD1306/SSD1306_datasheet.pdf)



#### 1.4.4 Andra länkar

##### **MPU-6050 Accelerometer + Gyro**

*Kodexempel*

<http://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050>

##### **SparkFun IMU Breakout - MPU-9250**

*Produktbeskrivning*

<https://www.sparkfun.com/products/13762>

## 2 Genomförande och resultat

### 2.1 Använd programvara

Programnamn	Beskrivning
Atmel Studio 7.0	IDE för att skriva kod och kompilera till Atmel MCU.
Atom	Texteditor, för att skriva och analysera kod.
Git	Versionshanteringsverktyg
GitKraken	Grafiskt gränssnitt (GUI) för Git
Fritzing	Program för att skapa kretsscheman
Microsoft Word	Dokumentering och rapportskrivning
Google Docs	rapportskrivning
AVRDUDE, AVR Downloader/UploaDEr	Program för att ladda upp kompilerad kod till MCU.
AVRDUDESS	Grafiskt gränssnitt (GUI) för AVRDUDE
Autodesk Fusion 360	CAD-program för att konstruera ett hölje till stegräknaren.

### 2.2 Använd hårdvara

Komponent	Beskrivning
Atmel ATmega328-PU DIP-28N 8-bit MCU	Mikrokontroller.
SparkFun MPU-9250	Enhet som mäter acceleration i X, Y och Z-riktning. Innehåller även gyroskop, temperatur och kompass-funktionalitet.
Micro OLED Display SSD1306 128x64	Display med upplösning 128x64 pixlar.
AVR pocket programmer	Enhet för att programmera Atmega-MCU via en dators USB-port.
DIL-hållare 28-pin 0.3"	Sockel för Atmega-MCU
Resistor 4,7kΩ, 2 st.	Pull up-resistorer för I <sup>2</sup> C-kanaler.
Kristalloscillator 16 MHz	Kopplas till MCU för att öka klockfrekvensen från 1 MHz till 16 MHz
Kondensator 22pF, 2 st.	Används för inkoppling av kristalloscillator.
Litiumbatteri 18650	Strömförsörjning.
Hållare för litiumbatteri 18650	
Grovekontakter med 4-stift	För modularisering av I <sup>2</sup> C-komponenter.
Kopplingsplatta 60x40 mm	För sammanlödning av komponenter.
Arduino UNO	Prototyping

## 2.3 Metod

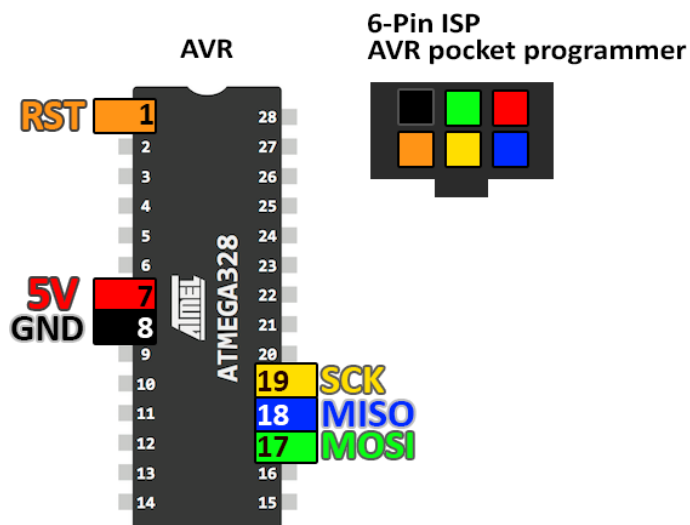
### 2.3.1 Skrivning av källkod, kompilering och uppladdning till mikrokontroller

Programmets källkod skrevs i utvecklingsmiljön Atmel Studio, som ett *GCC C Executable Project*-projekt. Källkoden är skriven i programspråket C.

All egenskriven kod finns i projektets källkodsfil *main.c*.

Vid kompilering av koden skapas en fil med filändelsen *hex* i Atmel Studio-projektets *Debug*-underkatalog. Denna fil laddas upp till mikrokontrollern med datorprogrammet AVRDUDE och programmeringsenheten *AVR pocket programmer*.

Programmering utförs via ISP, följande anslutningar på mikrokontrollern används.



Figur 5 Inkoppling av programmeraren till mikrokontrollern

Programmeringsenheten kan även användas som strömkälla.

### 2.3.2 Studie av datablad

Tidigt i projektet samlades datablad in för införskaffad hårdvara. Databladerna studerades och relevant information noterades för att kunna användas vid framtagning av prototyp.

I synnerlighet studerades datablad för:

- MPU-9250
- Atmega328p
- OLED Display

### 2.3.3 Studie av funktionsbibliotek

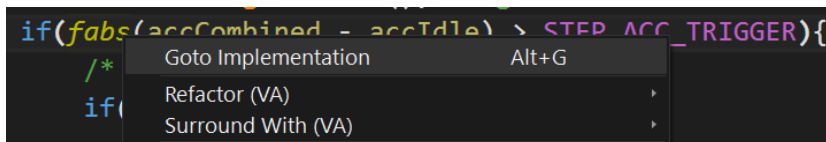
Tidigt i projektet letades diverse färdiga kodbibliotek upp, för projektets hårdvara. Koden i dessa bibliotek studerades, eller användes för att undersöka funktionen hos olika komponenter.

Exempel på bibliotek som studerades eller användes i projektets utveckling:

Bibliotek	Beskrivning och syfte
<b>Wire.h</b>	I <sup>2</sup> C-bibliotek för Arduino-enheter. För att funktionstesta I <sup>2</sup> C-enheter med Arduino UNO. Användes även i koden för prototyp 1.
<b>twistest.c</b>	I <sup>2</sup> C-test/demo för AVR-enheter.
<b>mpu6050.h</b>	MPU-6050 (Accelerometer, mm.) för AVR-enheter.
<b>i2cmaster.h</b>	I <sup>2</sup> C-bibliotek för AVR-enheter.
<b>ssd1306.c</b>	Kod som använt sig av <b>i2cmaster.h</b> för att skriva ut text till display.

Koden studerades med bland annat texteditorn Atom och i utvecklingsmiljön Atmel Studio.

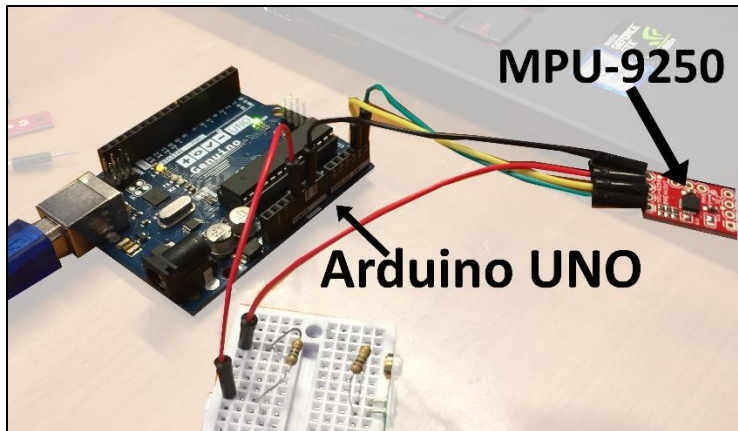
I Atmel Studio finns möjligheten att automatiskt gå till den fil där ett makro, en funktion eller en variabel är definierad. I bilden nedan utförs detta på funktionen *fabs()*;



Figur 6 Gå till en implementation av ett makro, variabel eller funktion.

## 2.4 Prototyp 1

Projektets första prototyp, kallad *prototyp 1*, byggdes för att säkerställa att en stegräknare kunde konstrueras med en MPU-9250. MPU-enheten kopplades direkt till en Arduino UNO-enhet via en breadboard.



Figur 7 Uppkoppling av MPU-9250 till Arduino UNO

Koden för prototyp 1 baserades på kod skapad av JohnChi<sup>1</sup>, som skriver ut värden från MPU-6050-enheter till Arduino-utvecklingsmiljöns *Serial Monitor*. Koden skrevs om så att endast värden för acceleration hämtades, dessa användes för stegräkning.

Funktionsbiblioteket **wire.h** används för att ansluta MPU-n via I<sup>2</sup>C till Arduino-enheten. Portarna A4 och A5 används för SDA och SCL, respektive. En resistor med resistansvärdet 560 Ohm används för att ta ner spänningsmatningen till MPU-n från 5V till ca 3V. Enligt tillverkarens hemsida<sup>2</sup> ska enheten drivas med 2.4 – 3.6 V.

En bärbar dator användes för strömförsörjning och för att avläsa *Serial Monitor*. Avläsning av steg gjordes genom att placera prototypen i en byxficka och promenera runt.



Figur 8 Utskrift av stegräkning till Serial Monitor

En vibrationssensor testades också för att avläsa steg. Även om den kunde användas för avläsning, valdes den att inte användas, då MPU-enheten ansågs vara mer pålitlig.

Prototyp 1 färdigställdes 2017-03-21

Kopplingsschema för prototyp 1 kan ses i rapportens bilagor.

<sup>1</sup> Se länk i kapitel 0

<sup>2</sup> Se länk i kapitel 0

## 2.5 Prototyp 2

Vid byggnation av *prototyp 2* användes en Atmega328p MCU.

En breadboard användes för samtliga inkopplingar innan sammanlödning av enheter påbörjades.

Initialt anslöts MPU-9250-enheten till mikrokontrollerns I<sup>2</sup>C-anslutningar, med pull up-resistorer på båda kanaler. För att kunna indikera att MPU-n fungerade korrekt användes en blå LED. Lysdioden sattes att lysa när accelerationsdata från MPU-n översteg ett visst värde.

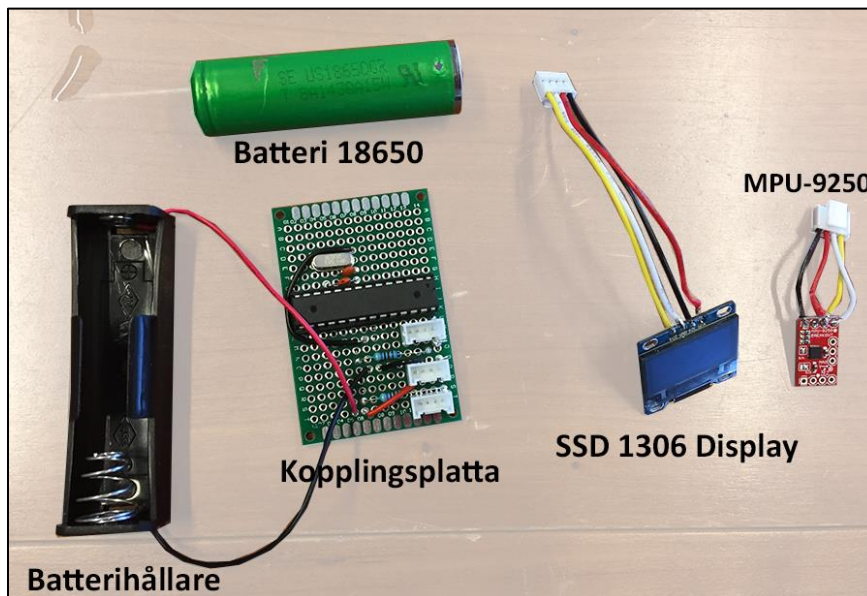
När displayen anslöts och kunde användas för att visa diverse data från MCU-n, blev lysdioden överflödig och användes inte längre.

En kristalloscillator på 16 MHz kopplades MCU-enhetens anslutningar 9 och 10. Dessa anslutningar används för inkoppling av externa kristalloscillatorer. Kristalloscillatorn användes för att öka klockfrekvensen på MCU-n. Enheten upplevdes också som stabilare.

När uppkopplingen på breadboard ansågs vara fungerande löddes MCU-n fast via en sockel på en kopplingsplatta. Tre stycken kontakter löddes till MCU-ns I<sup>2</sup>C-kanaler. Dessa kontakter går att använda för att koppla in olika enheter med I<sup>2</sup>C-stöd.

På displayen och MPU-enheten löddes kontakter fast, för anslutning till kontakterna på kopplingsplattan.

På kopplingsplattan löddes även övriga komponenter dit: kristalloscillator, resistorer och kondensatorer.

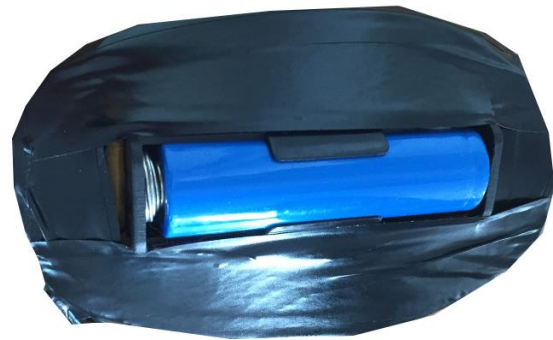


Figur 9 Lödda och urkopplade modulära komponenter

Ett en kasserad optisk mus användes som hölje för prototyp 2. Eltejp och smältlim användes för sammanfogning.

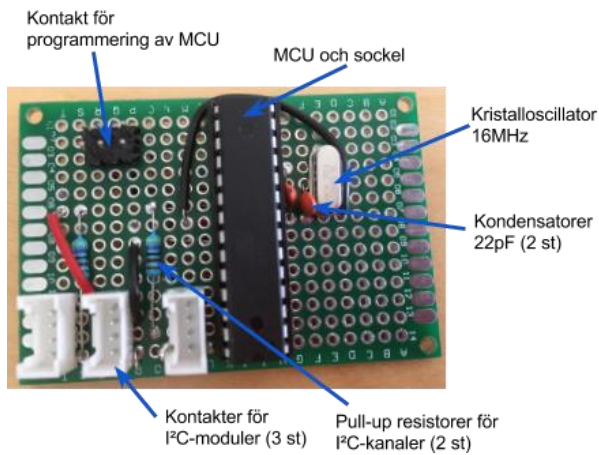


Figur 10 Prototyp 2 med hölje, framsida med display

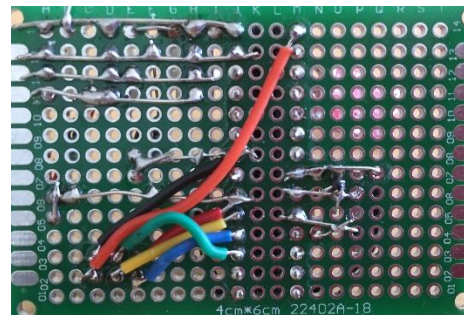


Figur 11 Prototyp 2 med hölje, baksida med batteri

Efter sammanställning av prototyp 2, plockades delarna ut ur höljet, och en ytterligare anslutning löddes på kopplingsplattan, för programmering av mikroprocessorn via AVR pocket programmer.



Figur 12 Placering av fastlödda komponenter på kopplingsplatta



Figur 13 Komponenter lödda på kopplingsplatta, baksida

Prototyp 2 används som bas för den färdigställda produkten.

Kopplingsschema för prototyp 2 kan ses i rapportens bilagor.



## 2.6 Slutgiltig produkt

Elektronikmässigt är den färdiga produkten lik prototyp 2.

Skilnader är att koden har uppdaterats och utvecklats, och att dess hölje har bytts ut.

Höljet till den slutgiltiga produkten är byggt av en förvaringsbox för smycken. Ett uttag har gjorts i boxens lock, för inplacering av displayen. Displayen är fäst med tejp i locket, och övriga komponenter är fastsatta med smältlim i boxen.



Figur 14 Komponenter inplacerade i box



Figur 15 Komplette produkt

Produkten färdigställdes 2017-04-19



## 2.7 Stegräknarens funktion

Vid stegräknarens start kalibreras den genom att hämta 20 stycken värden för acceleration från MPU-9250-enheten. Stegräknaren bör ligga stilla under kalibreringen. Medelvärde av de 20 värdena sätts till att vara stegräknarens värde för när den är passiv. Detta värde benämns som *idle*-värde.

Meddelandet "*Calibrating..*" visas på stegräknarens display under kalibreringen. När kalibreringen är färdig visas meddelandet "*Idle..*" på displayen, och stegräknaren kan börja användas.

Under användning hämtas accelerationsdata kontinuerligt från MPU-9250-enheten. Skillnaden mellan detta värde och *idle*-värdet beräknas som ett absolutvärde. Om skillnaden mellan dessa två värden överskrider ett visst satt tröskelvärde, så anses det att ett steg har tagits.

Vid varje taget steg uppdateras stegräknarens display med det totala antalet tagna steg.

Stegräknarens display sätts automatiskt i sömnläge om inget steg har tagits på ca 30 sekunder. Displayen vaknar automatiskt när ett steg tas.

## 2.8 Projektets kod

Utförligare kommentering av koden finns i källkodsfilen *main.c*.<sup>3</sup>

### 2.8.1 Egeninkluderade standardbibliotek

Bibliotek	Beskrivning
<b>&lt;avr/io.h&gt;</b>	Diverse I/O definitioner för mikrokontrollern.
<b>&lt;util/delay.h&gt;</b>	För funktionen <i>_delay_ms()</i> som pauserar programmet i angiver antal millisekunder.
<b>&lt;avr/interrupt.h&gt;</b>	Används för funktionen <i>sei()</i> , som aktiverar interrupt på mikrokontrollern. Behövs för kommunikation med MPU-9250.
<b>&lt;math.h&gt;</b>	Diverse matematikfunktioner och macron. Används för funktionen <i>fabs()</i> , som ger absolutvärdet av ett tal.
<b>&lt;stdio.h&gt;</b>	För funktionen <i>sprintf()</i> , som skriver en formaterad textsträng till en char-array. Används för att skriva ut stegräkning till display.

### 2.8.2 Inkluderade icke-standardbibliotek

Flera av dessa bibliotek har egna inkluderingar av olika standardbibliotek.

Bibliotek	Beskrivning
<b>"i2chw/i2cmaster.h"</b> <i>I2C master library using hardware TWI interface</i> Skapat av Peter Fleury	I <sup>2</sup> C-funktionalitet för AVR-enheter. För kommunikation mellan mikrokontroller och enheter anslutna till dess I <sup>2</sup> C-portar SDA/SCL.
<b>"mpu6050/mpu6050.h"</b> <i>MPU6050 lib 0x02</i> Skapat av Davide Gironi	För accelerometer-enheten, via I <sup>2</sup> C. Viss egen kod har skrivits genom att bryta ut kod från detta bibliotek.
<b>"u8g/u8g.h"</b> <i>Universal 8bit Graphics Library</i> Skapat av olikraus	Funktionsbibliotek till AVR för diverse displayer.

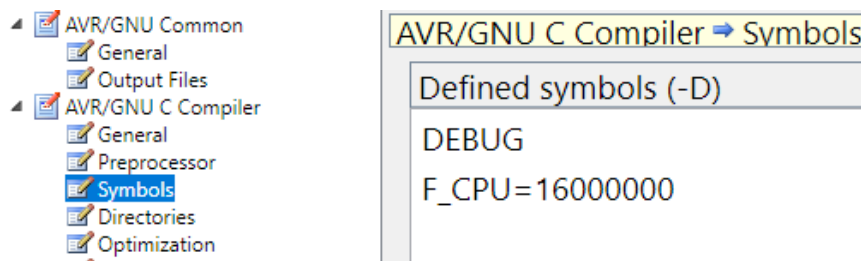
<sup>3</sup> För länk, se kapitel 1.4.1

### 2.8.3 Macron definierade i main.c

Macron som är definierade i main.c

Namn	Värde	Beskrivning
<b>X</b>	<b>0x3B</b>	Address för accelerometerdata i X-riktning i MPU-9250
<b>Y</b>	<b>0x3D</b>	Address för accelerometerdata i Y-riktning i MPU-9250
<b>Z</b>	<b>0x3F</b>	Address för accelerometerdata i Z-riktning i MPU-9250
<b>STEP_ACC_TRIGGER</b>	<b>2.3</b>	Tröskelvärde för acceleration, att bestämma om ett steg har tagits.
<b>SET_IDLE_LOOP</b>	<b>20</b>	Antal värden som ska hämtas från accelerometern för att bestämma "idle"-värde. Det värde som accelerometern ger när den anses ligga stilla.
<b>DISPLAY_LINE_HEIGHT</b>	<b>16</b>	Pixelhöjd för en rad på displayen. Används vid utskrift av text.
<b>DISPLAY_MIDDLE</b>	<b>(DISPLAY_LINE_HEIGHT * 2 + 2)</b>	Ungefärligt pixelvärde för utskrift på displayens mitt.
<b>DISPLAY_SLEEP_DELAY</b>	<b>3000</b>	När värdet i variabeln <i>displaySleepTimer</i> når detta värdet sätts displayen i sömnläge.

Macrot `F_CPU` behövs vara angivet för standardbiblioteket *delay.h*, detta sätts i kodprojektets egenskaper till `F_CPU=16000000`, i programmet Atmel Studio.



Figur 16 Kodprojektets egenskaper – Defined symbols

## 2.8.4 Macron från andra bibliotek

Macron som används i *main.c*, vilka är definierade i andra bibliotek.

Namn	Värde	Från bibliotek	Beskrivning
<b>MPU6050_ADDR</b>	<b>(0x68 &lt;&lt;1)</b>	<i>mpu6050.h</i>	I <sup>2</sup> C-adress för MPU-9250
<b>MPU6050_AGAIN</b>	<b>16384.0</b>	<i>mpu6050.h</i>	Värde för att omvandla "rå" accelerationsdata från MPU-9250 till g-krafter.
<b>I2C_WRITE</b>	<b>0</b>	<i>i2cmaster.h</i>	Datariktning för I <sup>2</sup> C - för att skriva till en enhet.
<b>I2C_READ</b>	<b>1</b>	<i>i2cmaster.h</i>	Datariktning för I <sup>2</sup> C - för att läsa från en enhet

## 2.8.5 Variabler

Variabler i källkoden, sätts i *main.c*

Namn	Beskrivning
<b>uint16_t steps</b>	Håller stegräkning.
<b>double accIdle</b>	Värde som sätts vid programmets uppstart, håller det värde som accelerometern ger när den ligger helt stilla.
<b>double accCombined</b>	Sammanfattat accelerationsvärde från X- Y- och Z-riktning.
<b>double accX, accY, accZ</b>	Värden för acceleration i X- Y- och Z-riktning.
<b>int displaySleeping</b>	Håller displayens sömnläge, sätts till 1 om displayen är i sömnläge, annars 0.
<b>int displaySleepTimer</b>	Används som timer för displayens sömnläge. Ökar med 1 för varje varv i programmets huvudloop.
<b>u8g_t u8g</b>	Struct för biblioteket Universal 8bit Graphics Library, för display.

## 2.8.6 Funktioner

Egenskrivna funktioner i källkoden

Namn	Beskrivning
<b>double getAcc(int addr);</b>	Hämtar accelerationsdata från MPU och ger värdet i retur. Som argument tar funktionen adressen till det register som ska läsas. Dessa adresser är definierade som macron X, Y och Z.
<b>void drawSteps(uint16_t steps);</b>	Skriver ut aktuellt antal steg till displayens mitt, som "Steps: x"
<b>void drawString(char * string, int line);</b>	Skriver ut en text till displayen. Texten ges som argument till funktionen, i form av en pekare till en char-sträng. Line är den rad på displayen där texten ska visas.
<b>void setAccIdle();</b>	Sätter ett värde till den globala variabeln <i>accIdle</i> . Funktionen körs endast en gång vid varje uppstart av programmet.
<b>double getAccXYZ(void);</b>	Använder sig av funktionen <i>getAcc()</i> för att hämta accelerationsdata från X-, Y- och Z-riktningen. Det adderade värdet ges i retur.
<b>void toggleDisplaySleep(void);</b>	Sätter displayen i sömnläge, eller väcker displayen.
<b>u8g_t u8g</b>	Struct för biblioteket Universal 8bit Graphics Library, för display.

### 2.8.7 Main-funktionen

*I detta kapitel beskrivs grundläggande vad som händer i programmets kod*

Interrupt-funktionen aktiveras för MCU-enheten, detta behövs för att MPU-enheten ska fungera korrekt. Sedan initieras MPU-9250-enheten, med funktion från *mpu6050.h*

```
sei();  
mpu6050_init();
```

Displayen initieras och teckensnitt bestäms, funktioner från *u8g.h*

```
u8g_InitI2C(&u8g, &u8g_dev_ssd1306_128x64_i2c, U8G_I2C_OPT_NONE);  
u8g_SetFont(&u8g, u8g_font_fub14);
```

Texten "STEPCOUNTER" visas på displayens mitt i en sekund.

```
drawString("STEPCOUNTER!", DISPLAY_MIDDLE);  
_delay_ms(1000);
```

Idle-värde för accelerometern sätts.

```
setAccIdle();
```

Programmets huvud-loop startar.

```
while(1) {
```

Ett kombinerat accelerationsvärde för X- Y- och Z-riktningar hämtas

```
accCombined = getAccXYZ();
```

Om skillnaden mellan det hämtade värdet och idle-värdet överskrider tröskelvärdet för att trigga ett steg, skriv ut antalet steg till displayen. Om displayen är i sömnläge, väck den.

```
if(fabs(accCombined - accIdle) > STEP_ACC_TRIGGER){  
    if(displaySleeping){  
        toggleDisplaySleep();  
    }  
    drawSteps(steps++);  
    _delay_ms(50);  
}
```

Sätt display i sömnläge om timer har nått värde

```
if(displaySleepTimer++ > DISPLAY_SLEEP_DELAY){  
    displaySleepTimer = 0;  
    if(!displaySleeping){  
        drawString("Sleeping", DISPLAY_MIDDLE);  
        _delay_ms(1000);  
        toggleDisplaySleep();  
    }  
}
```

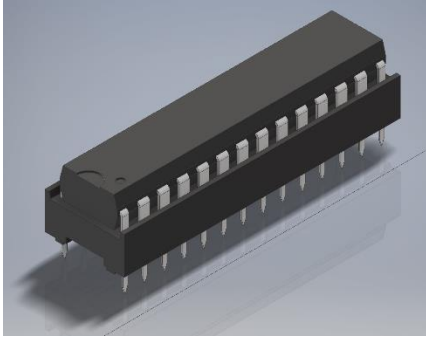
Slut på huvud-loop.

### 3 Diskussion och slutsats

I denna del utförs diskussioner och tankegångar angående projektets genomförande och resultat

#### **CAD / 3D-utskrift av hölje**

Initialt planerades att konstruera ett eget hölje med hjälp av en 3D-skrivare. Vilket hade gett en anpassad form för stegräknaren. På grund av tidsbrist valdes en redan befintlig produkt att användas som hölje.



Figur 17 Rendering av CAD-modell för MCU och sockel

#### **Byte av batterityp**

Batteriet av typ 18650 tar upp en mycket stor del av stegräknarens volym. Ett eventuellt byte till ett volymmässigt mindre batteri, exempelvis av typen CR2032, skulle reducera båda volym och vikt. Det är dock oklart om detta batteri kan användas för drivning av produkten.



Figur 18 Batteri av typen CR2032

#### **Fler I<sup>2</sup>C-moduler**

Stegräknaren har stöd för inkoppling av en tredje enhet. I projektets gång gjordes tester med WiFi-moduler av typen ESP8266, för att kunna kommunicera med stegräknaren trådlöst. Dock lyckades testerna och WiFi-stöd valdes att läggas ned.

En annan möjlig enhet skulle kunna vara en blåtand-modul.

#### **Användning av färdigskrivna kodbibliotek**

Flertalet redan färdiga bibliotek användes för att kommunicera med enheter som är kopplade till MCU:n. En framtida övning skulle kunna vara att försöka skriva egna funktioner för I<sup>2</sup>C-kommunikation.

**Bättre detektion av steg**

Stegräknaren anses i nuläget ej vara speciellt ackurat. Vid promenad detekteras oftast enbart steg på det ben där stegräknaren är placerad i byxfickan. Vid löpning, då större kraft utsöndras vid fotnedslag, detekteras båda benens steg.

Koden skulle kunna förbättras för att göra stegräknaren bättre.

**Hastighet- och distans-mätning**

Om stegräknaren hade tillgång till steglängden på den person som använder enheten, skulle sträcka kunna mätas.

Även hastighet skulle kunna mätas, om stegräknaren hade tillgång till tid, t.ex. med en RTC-modul.

**Avstängning**

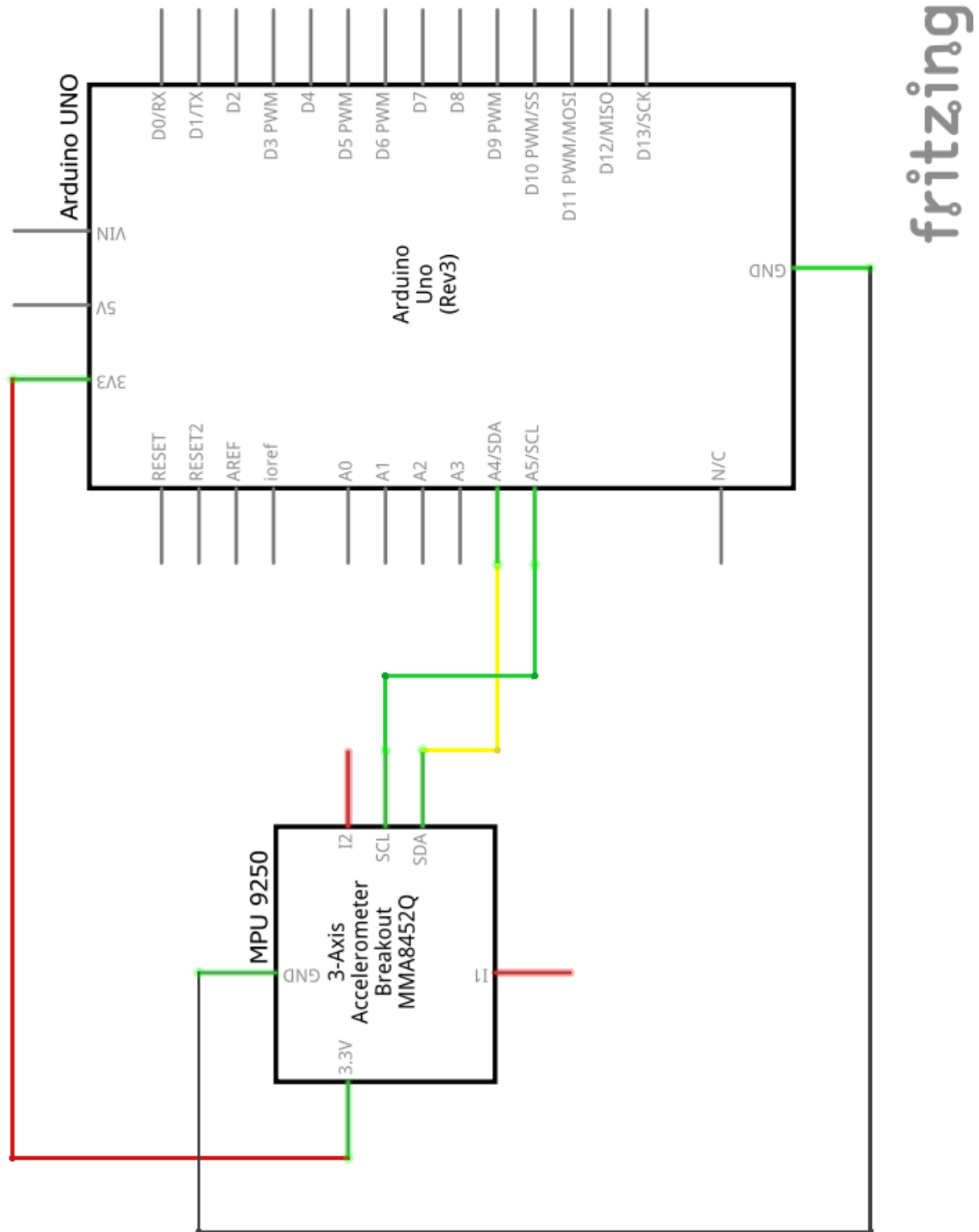
Stegräknaren är inte utrustad med någon strömbrytare, detta innebär att det enda sättet att stänga av eller nollställa enheten är att ta ur batteriet. Detta är ingen bra lösning.

På grund av tidsbrist och risk för att förstöra höljets lock vid uttag för strömbrytare valdes detta att inte implementeras.

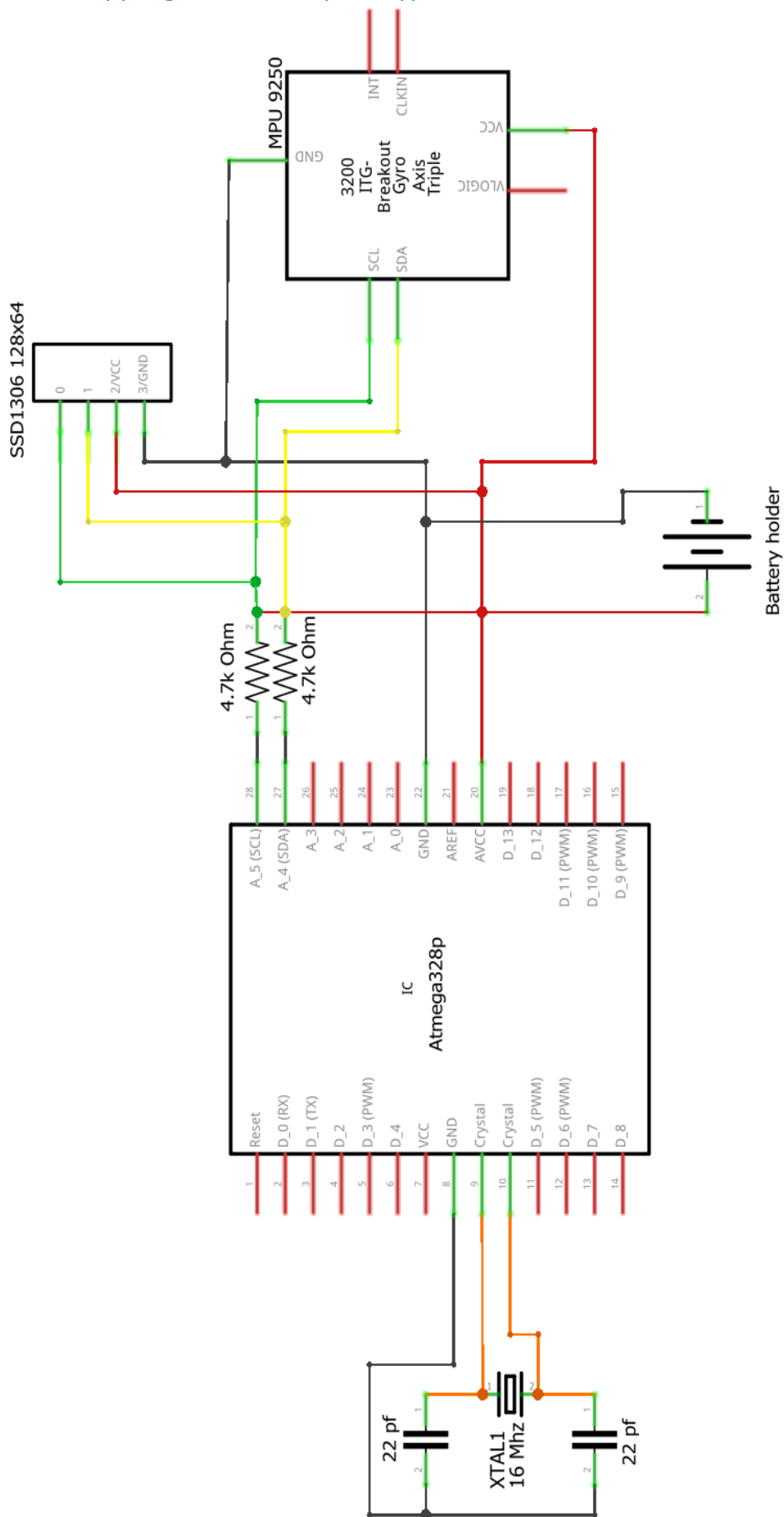


## 4 Bilagor

### 4.1 Kopplingsschema för prototyp 1



## 4.2 Kopplingsschema för prototyp 2



fritzing